

文章编号:1005-0523(2006)05-0122-03

机车牵引电动机滚动轴承的最佳游隙选择及计算

朱爱华

(华东交通大学 江西 南昌 330013)

摘要:以机车牵引电动机滚动轴承为例,分析了滚动轴承最佳游隙选择原则、影响轴承游隙的主要因素等,通过综合分析比较得到滚动轴承的游隙。

关键词:机车车辆;滚动轴承;最佳游隙

中图分类号:TM921

文献标识码:A

1 引言

滚动轴承广泛地应用在铁路运输行业,如各种内燃、电力机车和新型客、货车的轮对轴箱等。机车车辆的滚动轴承在十分恶劣的条件下工作,它不但要承受巨大的轴重力和牵引力,还要承受通过钢轨接头、道岔时的冲击力,而且经常受风、沙、雪的侵袭,例如对机车牵引电动机端盖部分实测的振动加速度就高达 $18\sim 20\text{ g}$ 之多。牵引电动机对轴承要求十分严格,既要求有很高的可靠性,又要求能满足传动装置、电机性能和几何尺寸等方面的要求。

2 滚动轴承的最佳游隙

滚动轴承的游隙有两种,一种是径向游隙,一种是轴向游隙,轴承在制造、检修及运用等不同阶段,上述两种游隙具有不同的数值。

1) 原始游隙:指轴承在制造厂装配后的游隙,一般在轴承设计过程时确定。

2) 自由游隙:轴承在自由状态下,测得的间隙,它可以是原始游隙,也可以是经过使用解体后,轴承测量所得的间隙。

3) 组装游隙:轴承安装到机器上后,测得的游隙称为组装游隙。

4) 工作游隙:轴承在工作载荷、工作温度等条件下的游隙称为工作游隙。

轴承游隙大小会影响轴承的磨损寿命,通常情况下,游隙较小、冲振小、允磨尺寸裕度大,轴承使用寿命长,因此只要工艺条件和运行条件允许,组装时游隙选小一些好。但游隙过小时,适应温升增加的能力下降,容易造成发热、烧损以及更大的附加经济损失。相反,组装时若把游隙选得大一些,不仅会使轴承的磨损寿命相应缩短,如新品轴承游隙每加大 0.01 mm ,轴承磨损寿命损失 $5\sim 8\%$ ^[3],而且噪音、振动和动载荷增加,将降低轴承运行的可靠性。

在轴承允许的最高工作温度下,使轴承承受规定负载并能保证转动灵活所需具备的最小游隙,即为最佳游隙。球轴承的最佳游隙,是工作游隙趋近于零,而滚子轴承因接触线长,加上组装因素影响,常留有少许游隙(一般取 $5\sim 10\text{ }\mu\text{m}$)。

3 影响因素分析

影响轴承游隙的因素很多,情况十分复杂,本文结合410型牵引电动机传动轴承的组装和工作条件,重点对轴承工作温度、内圈安装过盈量及载荷作用下变形等6项因素,分析做出估算。

1) 机械加工精度的影响:考虑机械加工精度不

收稿日期:2006-01-24

作者简介:朱爱华(1964-),女,江西临川人,华东交通大学副教授。

中国知网 <https://www.cnki.net>

同所要预留的游隙,用 δ_{r1} 表示.

由于两个零件的组装是随机的,零件存在的圆度、圆柱度等都将影响到轴承的安装,通常按其公差带的1/4考虑即可.

2) 轴承内圈过盈量的影响:装配过盈量使内圈膨胀,其幅值为安装过盈量的65—80%,用 δ_{r2} 表示.

$$\delta_{r2} = \text{轴承内径} / \text{内滚道直径} \times \text{组装过盈量}$$

对于过盈量在0.035~0.065 mm之间,其值为0.01~0.015 mm.

3) 轴承外圈安装条件的影响:外圈与轴承座采用过渡配合,最不利的组装情况是有过盈,此时,它的内径收缩幅值可按60%的过盈量估算;对于有间隙配合的组装,则要相应减去其配合间隙值.综合两种情况,外圈的过盈比内圈要小,按从严考虑并按照概率论的观点,可取1/2的极值过盈量计算出 δ_{r3} .由于 δ_{r3} 值不大,因此对使用过的轴承也可不考虑这项因素.

4) 电机端盖组装过盈量的影响:这是一项难以精确计算的因素,有待通过实验或实测加以完善,这里仅作粗略估计.此过盈配合副,使得机体与端盖都发生与其刚度成反比的变形量.机体的刚度越大,则端盖的变形量占过盈量的比值就会很大,设其为85—95%,取90%来进行估算;另一方面端盖的刚度分布也很不均匀,筋板部位的刚度又比轴承室小得多,尺寸各占一半左右,因此变形将主要发生在筋板部位,按80%来考虑,其余20%为端盖与体孔配合的过盈量,它转变成轴承室与轴承外圈的过盈量,用 δ_{r4} 表示,有

$$\delta_{r4} = 0.6 \times 90\% \times 20\% \Delta_{\max} = 0.6 \times 18\% \Delta_{\max}$$

式中: Δ_{\max} 为端盖与体的最大配合过盈量;0.6×18%为折算系数.

5) 工作温度的影响:轴承温度升至最高工作温度的均衡稳态后,立即打开轴承端盖补测轴承零件的温度,可以获得近似测量结果.长沙机务段实测ND2型机车牵引电动机传动侧轴承,其端盖34℃,内圈滚道为67℃,外圈滚道为53℃,环境温度为20℃;而昆明机务段实测204电机传动侧轴承,端盖为51℃,内圈与滚子为65℃,外圈滚道为65℃,保持架和轴为58℃,环境温度为20℃.上述结果表明,轴承零件存在着明显温差,这些零件受热膨胀后,会引起轴承工作游隙缩小.

对于内圈与滚子受热膨胀量以 δ_{r5} 表示

$$\delta_{r5} = \left[\frac{1}{2} (d + d_1) (t_n - 25) + 2d_2 (t_2 - 25) \right] \alpha$$

式中: d 、 d_1 、 d_2 分别为轴承内孔径、内滚道直径和滚子直径; t_n 、 t_2 、25分别为内圈平均温度、滚子温度和轴承组装时的温度; α 为GCr15钢线膨胀系数(14×10^{-6}).

外圈随温度升高而膨胀后,会使轴承游隙变大,其膨胀量设为 δ_{r6}

$$\delta_{r6} = \frac{1}{2} (D + D_1) (t_w - 25) \alpha$$

其中: D 、 D_1 为外径、外滚道直径; t_w 、25分别为外圈平均温度和轴承组装时温度; α 为GCr15钢线膨胀系数.

6) 轴承载荷的影响:当轴承传力零件中心在一条直线上,且和载荷方向一致时,外力引起的变形量最大,沿径向的变形量,可直接构成轴承游隙的增加.滚动轴承的零件都是硬度很高的淬火处理件,塑性变形很小.对于ZQDR-410电机装用的4G32426轴承.其游隙增大值,用 δ_{r7} 表示

$$\delta_{r7} = R_x - \sqrt{R_x^2 - \frac{1}{4} b^2}$$

式中: R_x 可以是滚子、内圈或外圈的半径; b 为接触斑区的宽度.

需注意,选取不同工况计算出变形量值不同,以东风4型机车牵引电动机4G32426轴承为例,机车持续工况总变形量值高达0.103 mm,而在平均负荷工况(48 km/h)牵引力引起的总变形量值降为0.078 mm.

还要合理地确定游隙下限值.负载增加会引起程度不同的游隙增加,它有利于轴承安全运行.从任何工况下都须保持运行安全的原则出发,选取载荷引起的变形量较小的高速轻载工况来考虑.以东风4型机车,若取80 km/h计算,游隙增大约0.033~0.042 mm,考虑到电枢轴受力越大,变形量越大,变形角可达3~6',它将占去相对应的有效轴承游隙,才能保证运行安全,因此习惯上,把载荷引起的游隙增大值,作为抵消电机轴弯曲偏斜因素的安全储备.一般在综合考虑这项因素时,留取象征性的量值,如0.01 mm.

4 轴承最佳游隙的选择与计算

滚动轴承的工作游隙首先应能保证运行安全,其次是获取尽量长的使用寿命.也即在满足安全运行的条件下,工作游隙越小越好的选择原则.一般最佳工作游隙的选择确定,是在考虑上述影响因

素,再正确把握以下三个方面的需要:

1) 安全运行原则:工作游隙是安全稳定运行的决定因素,球轴承为 0.005 mm,滚子轴承为 0.01 mm,是保证在最差运行工况下,不致形成恶性事故,造成重大经济损失的基本条件.

2) 工作温度.影响工作游隙的主要因素是工作温度,其它因素影响所占比例较少,可不作计算,综合考虑就可.需指出的是工作温度是在特定运行条件下的统计平均值,对于不同地区条件有别,各运用单位,可以根据自己的特定工作环境的平均温度或最高温度,适当缩小游隙.如西方国家把市郊、短途车的轴承游隙定为比干线机车低一档的 C₃ 组.

3) 化简管理原则:订入工艺文件的轴承自由游隙,通常还要考虑测量精度、工具工装、人员技术水平等相关因素,结合实践经验,对计算结果加以化简、圆整、以方便管理和实用,当必要时,可参考国内外同类电机选取轴承游隙值的经验,再适当调整.

5 结语

通过计算分析,ZQDR410 型电机的 4G32426 轴

承游隙自由状态应为 0.103~0.138 mm,恰与国家标准 C3 组游隙规定值相当.上述计算是按 110℃ 为准得出的,出于铁路安全的特殊重要性,和希望适应更为恶劣的运输工况,需要一定的安全裕度作为储备.由于目前普遍采用锂基润滑脂,人们常把滴点温度按 170℃ 计算,这样上述结果又需增加 0.02 mm,也即必须选择 C4 组游隙,才能更好地适应铁路牵引动力在功率、速度方面都呈不断提升的趋势.

参考文献:

- [1] 龙 洙,权中太.铁路机车滚动轴承手册[M].北京:中国铁道出版社,1990.
- [2] 吴又南,刘双发.新编滚动轴承应用技术手册[M].上海:上海科学技术出版社,1995.
- [3] 王德志.滚动轴承的诊断与维修[M].北京:中国铁道出版社,1994.
- [4] 梅 宏.滚动轴承振动监测与诊断[M].北京:机械工业出版社,1995.
- [5] TR 轴承集团有限公司.滚动轴承与现代带座轴承的选用[M].北京:机械工业出版社,1997.

Choice and Calculation on Optimal Clearance of Traction Motor Rolling Bearing Used in Locomotives

ZHU Ai-hua

(East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: In this paper, traction motor rolling bearing of the locomotive is regarded as the example; analyses choose principle, and main factor of influence bearing etc on optimal clearance of traction motor rolling bearing, through analyzing synthetically the clearance of the rolling bearing is gotten.

Key words: rolling stock; rolling bearing; optimal clearance (play windage)